

Відгук

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора

Шутка Володимира Миколайовича

на дисертацію Горішної Ірини Ярославівни

**«ТРЕНАЖЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОГО
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ В УМОВАХ ПЕРЕШКОД»,**

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

зі спеціальності 05.07.14 - авіаційно-космічні тренажери

В дисертаційній роботі здобувача Горішної І.Я. «Тренажерне забезпечення моделювання адаптивного радіолокаційного зондування в умовах перешкод» розглядаються актуальні питання стосовно покращення якості підготовки операторів на спеціальних тренажерах разом з РЛС в режимах виявлення цільових об'єктів під час радіолокаційного зондування з використанням раціональних методів обробки сигналів спрямованих на максимізацію відношення сигнал/шум в умовах перешкод.

Роль авіаційних тренажерів при підготовці льотного екіпажу повітряного судна є вкрай важливою і вигідною в економічному плані. Одним із основних недоліків багатьох тренажерів є їх недостатня ефективність в процесі навчання екіпажу через недостатню універсальність моделювання динамічних умов, а отже і недостатньою обізнаністю спеціаліста в ході виконання польотного завдання на тренажері авіаційної техніки з радіолокаційним обладнанням. Саме тому, в роботі здобувача пильна увага присвячена засобам радіолокації, принципам дії, методам отримання радіолокаційної інформації, видам сигналів та перешкод. Запропоновано моделювання складних динамічних процесів в умовах подібних натурним з використанням методів максимізації відношення сигнал/шум для виділення корисних сигналів та візуалізації об'єктів навколишнього середовища на екрані радару під час адаптивного радіолокаційного зондування в умовах перешкод.

Структура роботи. Дисертаційна робота представлена на 185 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел, що містить 119 найменувань та двох додатків.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, висвітлені мета і завдання дослідження, зазначено об'єкт, предмет і методи дослідження, особистий внесок здобувача в одержанні нових результатів, наукова новизна одержаних результатів, їх практична значимість та наведено відомості про публікації й апробації результатів дослідження.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану бортових радіолокаційних станцій та шляхи виявлення сигналу, що несе корисну радіолокаційну інформацію про цільовий об'єкт.

Наведені переваги використання надширокосмугових сигналів з метою виявлення об'єктів, що лежать нижче повітряного судна на фоні віддзеркалень від підстилаючої поверхні. Адже, чим ширше полоса частот зонduючого сигналу, тим вище роздільна здатність радіолокатора. Запропоновано використання радіоімпульсів малої тривалості для зондування простору на підставі того, що відображення зонduючого наносекундного радіоімпульсу від різних розсіювальних елементів спостережуваного об'єкта призводить до розпаду просторової когерентності, в зв'язку з цим відображене випромінювання не інтерферує між собою.

У другому розділі розглянуті етапи та зазначені якісні характеристики просторово-часової обробки сигналів в РЛС в умовах достовірності функції взаємної кореляції між прийнятими коливаннями і очікуваним сигналом. Основним завданням просторово-часової обробки є адаптація тренажерного радіолокаційного зондування зони поверхні, яка віддзеркалює на вхід приймального пристрою сигнали. Детально представлена значимість функції невизначеності при визначенні відмінності сигналів (прийнятого ex-сигналу та очікуваного сигналу).

Автором було розроблена корисна модель, задачею якої є створення комплексного тренажера оператора повітряного судна з розширеними функціональними можливостями завдяки оснащенням його радіолокаційним обладнанням, що дозволить підвищити ефективність тренажерної підготовки оператора, зокрема за рахунок набуття ним знань та навичок при виконанні вправ, вміння коректно аналізувати радіолокаційну інформацію для виконання цільових дій в зоні польотного завдання. У процесі виконання завдань, пов'язаних з відображенням на приборах, оператор здійснює загальне орієнтування по радіолокаційному зображенню місцевості на екрані, відпрацьовуючи навички експлуатації бортових систем в комплексі з радіолокаційним обладнанням.

Третій розділ присвячений покращенню співвідношення сигнал/шум шляхом знаходження адаптивного фільтру при узгодженій та неузгодженій обробці. Формалізовано та проведено дослідження з метою вибору узгоджених методів обробки сигналів шляхом знаходження адаптивного фільтру для повного або ж часткового придушення бічних пелюсток і підтриманням необхідного значення відношення сигнал/шум.

Обґрунтовано застосування стиснення імпульсу, що дозволяє досягти необхідну роздільну здатність для коротких імпульсів, зберігаючи при цьому пікову потужність в обмежених межах.

При імітаційному проведенні експериментальних досліджень в середовищі Matlab була розроблена програма для узгодженої та неузгодженої фільтрації, для знаходження вагових коефіцієнтів оптимального фільтру, а також для знаходження кількісного показника втрати по шумах та приведені графічні дані типових сценаріїв поведінки взаємної функції невизначеності.

Проаналізована робота фільтрів, що забезпечує нульовий рівень бічних пелюсток, основні елементи узгодженої та неузгодженої фільтрації та принцип їх дії. Розраховані вагові коефіцієнти фільтру, а також оптимальний фільтр, що розрахований для періодичного випадку також дозволяє

отримувати часткове придушення бокових пелюстків для аперіодичного випадку.

Четвертий розділ присвячений удосконаленню методики роботи адаптивної пари «сигнал-фільтр» з метою покращення виявлення сигналу, а отже і підвищенню вірогідності його правильного зчитування оператором комплексного тренажера повітряного судна. Визначено, що методика удосконалення роботи пари «сигнал-фільтр» полягає в почерговому вирішенні інтегральних рівнянь для фільтра і сигналу при фіксованій нормі сигналу і фільтра.

Проведено імітаційну перевірку розробленої методики з метою підтвердження достовірності запропонованих алгебраїчних виразів за допомогою математичної моделі реалізованої в середовищі програмування Matlab, та зроблено висновок про практичну якість розроблених технічних рішень на основі методу самоорганізації. Отримані пара «сигнал-фільтр» забезпечує значення кількісного показника втрати по шумах, яке приблизно дорівнює і означає відсутність втрат у відношенні сигнал/шум, що повністю відповідає випадку узгодженої обробки.

Практичне використання методу самоорганізації дозволить вирішити для РЛС завдання прискореного виявлення цільових об'єктів на фоні підстилаючої поверхні в умовах перешкод, і дозволить поліпшити її експлуатаційні характеристики в комплексах повітряних суден з метою подання інформації про навколишнє середовище для підвищення продуктивності роботи інструктора та покращення індивідуального навчання оператора тренажерного комплексу.

У додатку представлені акти впровадження результатів дисертаційних досліджень та патент на корисну модель комплексного тренажера повітряного судна.

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена потребою покращення тренажера АКТ з РЛС якості підготовки оператора в режимах виявлення цільових об'єктів з використанням раціональних методів обробки

сигналів спрямованих на максимізацію відношення сигнал/шум в умовах перешкод під час радіолокаційного зондування.

Наукова новизна виконаних досліджень полягає в удосконаленні методики роботи адаптивної пари «сигнал-фільтр» з метою покращення подання інформації про навколишнє середовище та розпізнавання цільових об'єктів оператором тренажерного комплексу при зондуванні простору в умовах перешкод.

Уперше отримані наступні наукові результати:

- обґрунтовано методи ергатичного управління в режимах цільової маніпуляції фазами здійснення зондування об'єктів, згідно аналітичних виразів, які забезпечують рекурентне оцінювання рівнів кваліфікації ІАС завдяки знаходженню фільтра, що узгоджує зондуючі сигнали, скороченими за своєю тривалістю, та прийняті відбиття, які адекватні цільовим об'єктам на підстилаючій поверхні;

- запропоновано модель еталонного визначення взаємної функції невизначеності для тренажерного забезпечення режиму моделювання адаптивного радіолокаційного зондування цільових об'єктів на підстилаючій поверхні;

- удосконалено науково-аналітичний апарат розрахунків вагових коефіцієнтів фільтру для створення та застосування індивідуалізованого тренажерного забезпечення засобами моделювання типових керованих сценаріїв поверхонь взаємної функції невизначеності, що включають поточний стан людини-оператора.

- надано подальшого розвитку методиці вирішення варіаційної задачі узгодження адаптивної пари «сигнал-фільтр» в умовах перешкод з використанням шляхів самоорганізації, що дозволяє максимізувати відношення сигнал/шум в пристрої обробки сигналів бортової РЛС.

Практичне значення отриманих у дисертаційній роботі результатів забезпечується:

розробкою алгоритму просторово-часової обробки радіосигналів для формування фільтрів, які дозволяють отримати повне або часткове зменшення амплітуди небажаних бічних пелюсток при узгодженій обробці;

розробкою алгоритму алгебраїчного рекурентного процесу та комп'ютерної програми в середовищі Matlab на основі методів імітаційного моделювання.

Повнота викладу й обговорення змісту та результатів дисертації підтверджена в восьми публікаціях, з яких одна стаття за кордоном, та одна стаття без співавторства, та в матеріалах дев'яти наукових та науково-методичних конференціях, у тому числі в 3-х міжнародних.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджені у тренажерному центрі «Миколаївський центр підготовки плавскладу» (акт про впровадження від 08.06.2018 року) та при виконанні науково-дослідної роботи «Моделювання професійної діяльності фахівців з обслуговування повітряного руху» (№ ДР 0117UA000792) у Науково-виробничому інституті аеронавігації Льотної академії Національного авіаційного університету (акт впровадження від 26.06.2018 року), що підтверджується отриманими актами про реалізацію.

Зауваження по дисертаційній роботі:

- в третьому розділі п.3.6 дисертації автором зазначено, що за умов знання закону формування кодової послідовності фазоманіпульованих сигналів можна досягати максимального подавлення бічних максимумів, але не наведено прикладу;
- в третьому розділі п.3.7 автор розраховує вагові коефіцієнти фільтру з використанням теорії матриць і не зазначає, як у ситуації випадкового виродження матриці продовжувати подальші розрахунки вагових коефіцієнтів;
- в четвертому розділі дисертації та автореферату бажано було б представити трьохвимірне зображення поверхні ВФН сигналу кожної ітерації, що сприяло б покращенню візуального сприйняття;

- на сторінках 12-13 автореферату було б доцільно більш чітко виділити графічні дані щодо взаємної функції невизначеності радіоімпульсу;
- на сторінці 11 автореферату вказано, що розрахунок фільтрів був проведений у відповідності з виразом (5), але формула щодо розрахунку вагових коефіцієнтів оптимального фільтра представлена під номером 6 на тій же сторінці;
- в дисертації відсутній опис аналітичного процесу у вигляді блок-схеми, які характеризують технологію обробки в середовищі комп'ютерної програми Matlab.

Дисертаційна робота Горішної І.Я. написана за допомогою комп'ютерних програм, акуратно оформлена, тому зазначені орфографічні помилки і неточності в окремих розділах дисертації не впливають на результати отриманих наукових досліджень. Результати імітаційної перевірки чітко сформульовано та представлено у вигляді таблиць та графічної інформації.

Зміст автореферату відповідає дисертації. Автореферат написаний професійною українською мовою і розіслано 22 грудня 2018 року, що відповідає вимогам МОН України.

Загальна оцінка дисертаційної роботи позитивна. В роботі підняте надзвичайно актуальне питання для підготовки пілотів з застосуванням тренажерного забезпечення моделювання радіолокаційного зондування простору в умовах перешкод.

Отримані розрахунки та методи імітаційного моделювання за допомогою комп'ютерної програми Matlab, дозволяють зробити висновок про практичну якість розроблених технічних рішень на основі методу самоорганізації, який покращує співвідношення сигнал/шум та підтверджують, що практичне використання даного методу дозволяє вирішити для РЛС завдання оптимального виявлення цільових об'єктів в умовах перешкод, і дозволить поліпшити її експлуатаційні характеристики в

бортових авіаційних комплексах з метою подання інформації про навколишнє середовище.

Зауваження, зроблені по розділах дисертаційної роботи та автореферату не мають принципового значення, а спрямовані на краще розуміння матеріалу, що представляється, і на побажання в подальшій дослідницькій роботі автора в даному науковому напрямку.

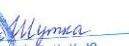
Загальні висновки. Вважаю, що дисертаційна робота Горішної Ірини Ярославівни, є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові результати, важливі з погляду їх використання в авіаційній техніці та тренажерних засобах підготовки льотного складу.

Зміст автореферату повністю відображає основні положення, наукові і практичні результати дисертації. Дисертаційна робота пройшла повну апробацію в спеціалізованих наукових виданнях, в матеріалах наукових конференцій та знайшла своє технічне рішення в патенті на корисну модель комплексного тренажера.

Вважаю, що дисертаційна робота «Тренажерне забезпечення моделювання адаптивного радіолокаційного зондування в умовах перешкод» відповідає вимогам пп. 11, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Горішна Ірина Ярославівна, гідна присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.14 - авіаційно-космічні тренажери.

професор кафедри
інженерії програмного забезпечення
Національного авіаційного університету
МОН України
доктор технічних наук, професор
27 грудня 2018 року


В.Шутко


Г.Омельченко
Заступник
секретаря
Національного університету